



**SKRIPSI - ME-141501**

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT  
TIPE OSCILLATING WATER COLUMN  
DENGAN TURBIN MCCORMICK**

Moh. Iqbal Firdhaus  
NRP 4210 100 059

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.  
Adi Kurniawan, ST., MT.

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - ME-141501**

**STUDY DESIGN OF SEA WAVE POWER  
PLANT OSCILLATING WATER COLUMN  
TYPE WITH MCCORMICK TURBINE**

Moh. Iqbal Firdhaus  
NRP 4210 100 059

Advisor  
Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.  
Adi Kurniawan, ST., MT.

Department of Marine Engineering  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT TIPE OSCILLATING WATER COLUMN DENGAN TURBIN MCCORMICK

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System*  
(MEAS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Moh. Iqbal Firdhaus**  
Nrp. 4210 100 059

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng
2. Adi Kuriniawan, ST., MT.



Two handwritten signatures are present. The first signature is above a dotted line, and the second signature is below it.

SURABAYA  
JULI, 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT TIPE OSCILLATING WATER COLUMN DENGAN TURBIN MCCORMICK

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System*  
(MEAS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Moh. Iqbal Firdhaus**

Nrp. 4210 100 059

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP-1977 0802 2008 01 007

# LEMBAR PERNYATAAN PUBLISH

## LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : Muti. GEBAL FIRDAUS  
Nrp. : A210 100 019  
Jurusan / Fak. : Teknik Sistem Perkapalan / FTK  
Alamat kontak : Dusun gang 2 no. 17 Surabaya  
a. Email : sebal.firdaus@gmail.com  
b. Telp/HP : 0898 0950 896

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

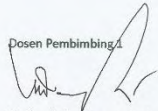
Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Studi Perencanaan Pembangunan Listrik Tenaga Eolombang Laut Tipe Oscillating Water Column  
Pemang Tutukha McLernick

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dosen Pembimbing

  
Dr. Ir. A.A. Mezeri, M.Eng.

Dibuat di : Surabaya  
Pada tanggal : 29 Juli 2016  
Yang menyatakan

  
Muti. Gebal Firdaus

# **STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT TIPE OSCILLATING WATER COLUMN DENGAN TURBIN MCCORMICK**

**Nama Mahasiswa** : Moh. Iqbal Firdhaus  
**NRP** : 4210 100 059  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.  
Adi Kurniawan, ST., MT.

## **Abstrak**

Indonesia termasuk salah satu negara 10 besar dengan tingkat polusi tertinggi di dunia. Melalui Peraturan Pemerintah No. 5 tahun 2006, Indonesia merencanakan untuk mewujudkan pergeseran pemakaian minyak bumi menjadi 20%. Dengan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) bisa dijadikan sebagai contoh salah satu energi alternatif. OWC merupakan salah satu tipe PLTGL. Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian terhadap jenis turbin McCormick yang digunakan pada OWC dan daya yang dihasilkan oleh OWC. Dimulai dari mendesain turbin McCormick, lalu dilakukan uji coba alat dengan simulasi perangkat lunak. Setelah didapat hasil simulasi bisa dilanjutkan ke perhitungan daya. Dari hasil analisa yang dilakukan, dipersoleh kesimpulan sebagai berikut, yakni 1) Dimensi kolom yang paling optimal dari 3 kolom yang dirancang adalah 4 meter, dengan daya output sebesar 36,25 kW. Lebih besar dari tugas akhir sebelumnya, 2) Dengan mempertimbangkan ketinggian gelombang laut yang ada di Indonesia, maka pada tugas akhir ini dimensi dari PLTGL yang sesuai adalah dengan lebar kolom OWC sebesar 4 meter dengan tanpa merubah desain dari OWC itu sendiri.

Kata Kunci---*fixed OWC, PLTGL, sistem OWC, Turbin McCormick*

# **STUDY DESIGN OF SEA WAVE POWER PLANT OSCILLATING WATER COLUMN TYPE WITH MCCORMICK TURBINE**

**Name** : Moh. Iqbal Firdhaus  
**NRP** : 4210 100 059  
**Department** : Marine Engineering  
**Advisor** : Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.  
Adi Kurniawan, ST., MT.

## **Abstract**

Indonesia is among the 10 countries with the highest pollution levels in the world. Through the Government Regulation No. 5 In 2006, Indonesia is planning to realize a shift in the use of petroleum to 20%. With Sea Wave Power Plant (PLTGL) can be used as an example of an alternative energy. OWC is one type of PLTGL. In this final examination of the McCormick turbine type used in OWC and the power generated by the OWC. Starting from McCormick turbine design, and conducted trials with simulation software tools. Having obtained the simulation results, can be continued to power calculation. From the analysis conducted, diperoleh the following conclusion, namely 1) the most optimal column Dimensions of the 3 columns were designed is 4 meters, with a power output of 36.25 kW. Greater than the previous thesis, 2) Taking into account the height of sea waves in Indonesia, then in this final dimension of PLTGL corresponding OWC is the column width of 4 meters without changing the design of OWC itself.

*Keywords---fixed OWC, McCormick turbine, OWC system, Sea Wave Power Plant*

## DAFTAR ISI

Judul Indonesia.....	i
Judul Inggris.....	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Lembar Pernyataan Publish.....	v
Abstrak Indonesia.....	vi
Abstrak Inggris.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar.....	x
Daftar Persamaan.....	xi
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika.....	2
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Umum.....	3
2.2 Generator.....	3
2.3 Turbin.....	5
2.4 Oscillating Water Column.....	6
2.5 Sistem Tenaga.....	8
2.6 Dasar Teori.....	9
BAB III : METODOLOGI.....	15
3.1 Langkah-Langkah.....	15
3.2 Skema Penelitian.....	17
BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	19
Kesimpulan.....	xii
Daftar Pustaka.....	xiii
Biografi.....	xiv



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Gelombang.....	19
Tabel 4.2 Daya Gelombang.....	21
Tabel 4.3 Kecepatan Aliran Udara (v1).....	22
Tabel 4.4 Lebar Area Permukaan Air.....	23
Tabel 4.5 Kecepatan Aliran Udara (v2).....	23
Tabel 4.6 Kapasitas Aliran Udara pada Oriface.....	24
Tabel 4.7 Torsi Turbin McCormick.....	25
Tabel 4.8 Aliran Massa Turbin McCormick.....	25
Tabel 4.9 Daya pada Turbin.....	26
Tabel 4.10 Effisiensi Tiap Kolom.....	27
Tabel 4.11 Daya OWC.....	27
Tabel 4.12 Daya PLTGL.....	29

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses pada Generator.....	4
Gambar 2.2 Sistem Turbin McCormick.....	5
Gambar 2.3 Sistem <i>Oscillating Water Column</i> .....	6
Gambar 2.4 <i>Floating OWC</i> .....	7
Gambar 2.5 <i>Fixed OWC</i> .....	8
Gambar 2.6 Elemen Pokok Sistem Tenaga.....	9
Gambar 2.7 Penampang <i>Fixed OWC</i> .....	10
Gambar 3.1 Desain Turbin McCormick.....	16
Gambar 3.2 Skema Penelitian.....	17
Gambar 4.1 Penampang Melintang Kolom OWC.....	19
Gambar 4.2 Penampang Membujur Kolom OWC.....	20
Gambar 4.3 Grafik Daya OWC.....	28

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1.....	9
Persamaan 2.2.....	9
Persamaan 2.3.....	9
Persamaan 2.4.....	9
Persamaan 2.5.....	11
Persamaan 2.6.....	11
Persamaan 2.7.....	11
Persamaan 2.8.....	11
Persamaan 2.9.....	11
Persamaan 2.10.....	12
Persamaan 2.11.....	12
Persamaan 2.12.....	12
Persamaan 2.13.....	12
Persamaan 2.14.....	12
Persamaan 2.15.....	12
Persamaan 2.16.....	13
Persamaan 2.17.....	13

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia termasuk salah satu negara 10 besar dengan tingkat polusi tertinggi di dunia, didominasi oleh gas CO, SO, dan SO<sub>2</sub>. Melalui Peraturan Pemerintah No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, Indonesia merencanakan untuk mewujudkan pergeseran pemakaian minyak bumi menjadi 20% dari total energi primer mix pada tahun 2025, dan menggantikannya dengan panas bumi, bahan bakar nabati, tenaga surya, tenaga air, serta berbagai jenis energi terbarukan lainnya.

Menurut data yang dihimpun, Indonesia memiliki 3 sektor energi dengan potensi besar yaitu: Geothermal, panas matahari, dan air. Potensi energi air sendiri untuk skala besar dan skala mini/mikro diperkirakan masing masing sebesar 75GW dan 450MW. Energi alternatif menjadi solusi untuk mengatasi krisis energi yang melanda. Dan Pembangkit Listrik Gelombang Laut (PLTGL) bisa sebagai contoh salah satu energi alternatif.

Tugas akhir ini merupakan kelanjutan dari tugas akhir yang sebelumnya dibuat oleh Alex Rahmatulloh (2008) dan Yuno Priandoko (2010). Perbedaannya terletak pada jenis turbin yang diaplikasikan, serta efisiensi dari turbin yang digunakan.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Potensi alam Indonesia masih kurang bisa dimaksimalkan sebagai energi alternatif. Oleh karena itu tugas akhir ini saya buat untuk menganalisa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut sebagai solusi atas krisis energi yang melanda Indonesia, menggunakan sistem OWC dan jenis turbin McCormick.

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah hanya pada tipe fixed OWC dengan variasi lebar kolom 2, 3, dan 4 meter serta menggunakan jenis turbin McCormick.

### **1.4. Tujuan Penulisan Skripsi**

Tujuan dari pengerjaan skripsi ini adalah agar kita mengetahui dimensi dari OWC dan turbin McCormick yang dirancang serta besaran daya yang dihasilkan oleh OWC.

### **1.5. Sistematika Penulisan Skripsi**

Tugas akhir ini secara garis besar terbagi dalam 5 bagian, antara lain :

BAB I: PENDAHULUAN. Pada bab ini membahas latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah dan tujuan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA. Bab ini membahas mengenai teori dan komponen yang berhubungan.

BAB III: METODOLOGI. Bab ini membahas metodologi yang digunakan dalam mengerjakan skripsi.

BAB IV: ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN. Pada bab ini membahas pengolahan data, analisa data, perbandingan numerik dengan eksperimen serta menyelesaikan permasalahan yang diangkat sebagai topik dalam skripsi dan hasil-hasil yang didapat.

BAB V: PENUTUP. Yang terdiri dari kesimpulan dan saran-saran.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Pembangkit listrik adalah sebuah alat yang digunakan untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Ada beberapa pembangkit yang bisa digunakan sebagai energi alternatif, salah satunya adalah PLTGL.

PLTGL adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi gelombang laut sebagai sumbernya. Ada beberapa macam tipe PLTGL yang dapat diaplikasikan, salah satunya menggunakan tipe OWC (*Oscillating Water Column*).

Berikut ini akan diulas beberapa komponen penunjang pembangkit listrik tipe OWC.

#### **2.2. Generator**

Generator berfungsi untuk merubah energi mekanik yang berasal dari turbin menjadi energi listrik, sebagai konverter energi. Jenis generator yang digunakan pada PLTGL ialah jenis Generator Asinkron yang merupakan motor induksi yang dirubah menjadi generator. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (Alternating Current).

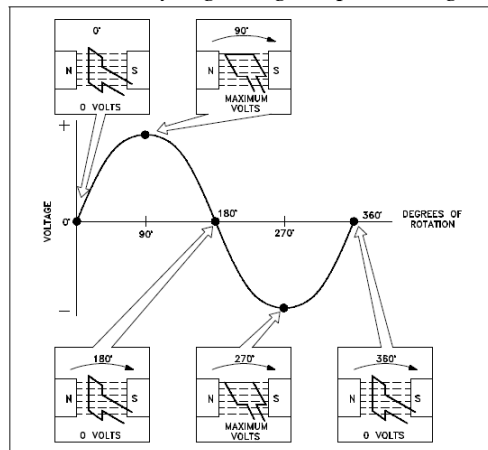
##### **2.2.1. Prinsip Kerja Generator**

Generator bekerja berdasarkan hukum faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (garis gaya listrik) yang mempunyai satuan volt.

Pada Gambar 2.1 sebuah kumparan berputar melewati medan magnet. Pada posisi  $0^\circ$  kumparan tidak memotong flux, pada posisi ini tidak terjadi induksi. Kumparan berputar pada posisi  $90^\circ$ , pada posisi ini kumparan memotong flux dan terjadi tegangan induksi maksimum pada arah positif. Kumparan

berputar kembali pada posisi  $180^\circ$ , pada posisi ini kumparan tidak memotong flux dan tidak terjadi induksi. Kumparan berputar pada posisi  $270^\circ$ . Kumparan kembali memotong flux sehingga terjadi tegangan induksi namun pada arah negatif. Kumparan kembali berputar dengan kecepatan yang konstan menuju pada posisi  $360^\circ$  sehingga kumparan tidak memotong flux maka tidak terjadi induksi.

Hukum Faraday, “jika terjadi perubahan garis gaya magnet pada sebuah kumparan kawat, maka akan timbul gaya gerak listrik (ggl) pada kawat tersebut. Jika kumparan kawat dihubungkan dengan rangkaian listrik tertutup, maka akan timbul pula arus listrik yang mengalir pada rangkaian”.



Gambar 2.1 Proses pada generator AC

Frekuensi yang biasa dipergunakan adalah 50 Hz dan 60 H. Untuk menghasilkan frekuensi tegangan arus bolak balik yang konstan harus diperoleh putaran poros rotor dari prime mover yang konstan pula, karena itu generator disebut mesin sinkron. Keadaan sinkron ini sangat dipengaruhi oleh beban yang ditanggung dan akan terpengaruh oleh suatu beban kejut. (Albiyanto,R Ardi, 1992.)

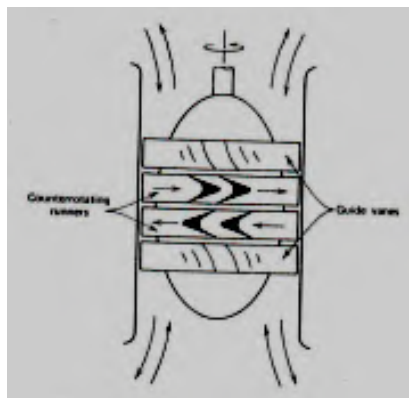
## 2.3. Turbin

Turbin bekerja menerima energi kinetik (angin) dan dirubah menjadi energi listrik. Angin yang datang akan menumbuk sayap kipas (baling-baling) pada kincir angin, sehingga sayap kipas akan berputar. Kemudian sayap kipas akan memutar generator.

Ada 3 macam turbin yang digunakan pada tipe *Oscillating Water Column* ini, antara lain : turbin Wells, turbin Masuda, dan turbin McCormick. Yang dianalisa pada skripsi ini adalah turbin McCormick dengan efisiensi 0.85-0.9.

### 2.3.1. Turbin McCormick

Penemu turbin ini adalah McCormick yang menggunakan teknik yang disebut *self-rectifying property*. Seperti terlihat pada Gambar 2.2. Tekanan udara dialirkan melewati pengarah kekiri sehingga akan memutar sudu turbin bawah yang berlaku sebagai daya rotor utama. Rotor ini selanjutnya akan berfungsi sebagai stator yang bergerak untuk daya rotor kedua yang bergerak berlawanan dengan rotor pertama. Demikian juga sebaliknya kalau tekanan udara berbalik arah. Efisiensi turbin ini berkisar 0.85-0.9.



Gambar 2.2 Sistem Turbin McCormick



## 2.4 Oscillating Water Column

*Oscillating Water Column* terdiri dari air collector chamber berisi udara yang berfungsi untuk menggerakkan turbin, kolom tempat air bergerak naik dan turun melalui saluran yang berada di bawah ponton dan turbin yang terhubung dengan generator. Gerakan air naik dan turun yang seiring dengan gelombang laut menyebabkan udara mengalir melalui saluran menuju turbin. Turbin tersebut didesain untuk bisa bekerja dengan generator putaran dua arah. Sistem yang berfungsi mengkonversi energi mekanik menjadi listrik terletak di atas permukaan laut dan terisolasi dari air laut dengan meletakkannya di dalam ruang khusus kedap air, sehingga bisa dipastikan tidak bersentuhan dengan air laut. (M. Hendra Pebrianto, 2008).

Jenis ini menghasilkan tekanan udara akibat terkena gelombang laut.. Tekanan udara ini kemudian dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin udara yang dikopling dengan genertator listrik. Masalahnya adalah turbin udara harus dapat berputar satu arah meskipun arah tekanan aliran udara bolak-balik. Prinsip kerja OWC adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Sistem Oscillating Water Column

Pada Gambar 2.3, pergerakan ombak (1) akan masuk kedalam kolom (2) lalu udara tertekan keatas didalam kolom

(3) setelah melewati katub (5) angin yang terkompresi menggerakkan turbin angin (7) yang terhubung dengan generator, yang menkonversikan gerakan turbin menjadi listrik (8). Di Indonesia OWC sudah dibangun di daerah gunung kidul, jawa tengah, sedangkan tipe modelnya dapat dilihat di Technopark Parang racuk, Yogyakarta dikembangkan oleh BPPT, teknologi ini dinamakan PLTO (Pembangkit Listrik Tenaga Ombak) beroperasi dikedalaman 4-10 m dengan rpm maksimal 3000 rpm, listrik yang dihasilkan mencapai 3400 KW [6]. OWC yang sering digunakan terdapat dua tipe, yaitu tipe fixed dan floating.

#### **2.4.1. Floating OWC**

OWC tipe floating merupakan pembangkit listrik tipe Oscillating Water Column yang diletakkan dikedalaman tertentu demi mendapatkan tinggi gelombang yang diinginkan. OWC dengan tipe ini akan lebih membutuhkan biaya dalam menyalurkan energi listrik kedarat, seperti pada Gambar 2.4. Namun OWC tipe ini akan lebih fleksibel dalam menghadapi pasang surut air laut karena OWC ini berada ditengah laut yang tidak terpengaruh pasang surut air laut



*Gambar 2.4 OWC Tipe Floating*

#### **2.4.2. Fixed OWC**

Untuk OWC tipe fixed adalah Pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe OWC yang ditempatkan dibibir pantai. OWC ini memiliki kelebihan yaitu lebih mudah dalam menyalurkan energi listrik ke darat, seperti pada Gambar 2.5. Namun OWC tipe ini harus dibuat dengan menyesuaikan ketinggian pasang surut air laut.



*Gambar 2.5 OWC Tipe Fixed*

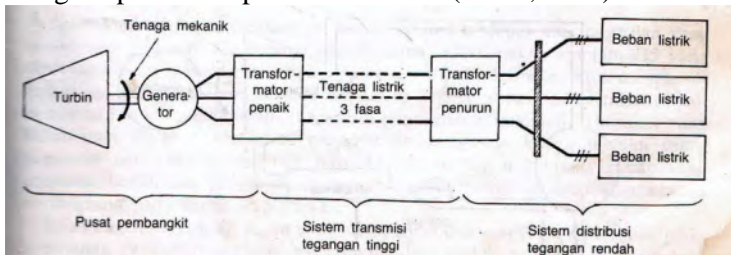
#### **2.5. Sistem Tenaga**

Cara yang paling ekonomis, mudah dan aman untuk mengirimkan energi adalah melalui bentuk energi listrik. Pada pusat pembangkit, sumber daya energi primer seperti bahan bakar fosil, hidro, panas bumi dan nuklir diubah menjadi energi listrik. Generator sinkron mengubah energi mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadi energi tiga fasa. (Zuhail, 1988).

Melalui transformator penaik tegangan (*step-up transformer*) energi listrik ini kemudian dikirimkan melalui saluran transmisi bertegangan tinggi menuju pusat – pusat beban. Peningkatan tegangan dimaksudkan untuk mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi. Dengan

demikian saluran transmisi bertegangan tinggi akan membawa aliran arus yang rendah dan berarti mengurangi rugi panas (*heat loss*)  $I^2R$  yang mnyertainya. Ketika saluran transmisi mencapai pusat beban, tegangan tersebut kembali diturunkan menjadi tegangan menengah, melalui transformator penurun tegangan (*step – down transformer*). (Zuhal, 1988).

Pada pusat – pusat beban yang terhubung dengan saluran distribusi, energi listrik ini diubah kembali menjadi bentuk – bentuk energi terpakai lainnya sperti energi mekanis, penerangan, pemanas, pendingin dll. Elemen pokok system tenaga dapat dilihat pada Gambar 2.6 (Zuhal, 1988).



Gambar 2.6 Elemen Pokok Sistem Tenaga (Zuhal, 1988)

## 2.6 Dasar Teori

### 2.6.1 Perhitungan Energi Gelombang

Untuk mengetahui daya yang terdapat pada gelombang, maka yang harus diketahui adalah energi gelombang yang tersedia. Energi gelombang total adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial, didapat:

$$E_W = 0.195w\rho gh^2T^2 \quad (2.1)$$

$$E_{WD} = \frac{1}{2}\rho ga^2 \quad (2.2)$$

$$P_W = 0.195w\rho gh^2T \quad (2.3)$$

$$P_{WD} = \frac{1}{8T}\rho gh^2 \quad (2.4)$$

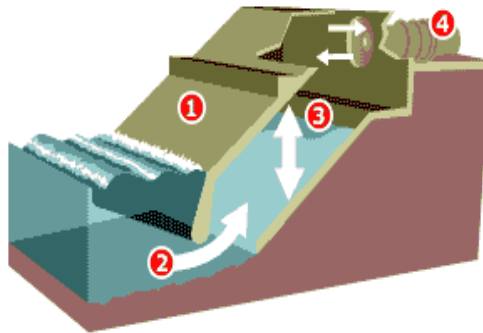
(Mc Cormick, Michael, 1981)

Denngan :  $\rho$  = densitas air ( $\text{kg/m}^3$ )

$w$  = lebar gelombang diasumsikan sama dengan lebar kolom (m)  
 $E_w$  = energi total (J)  
 $P_w$  = daya (W)  
 $g$  = gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )  
 $T$  = periode gelombang (sec)  
 $H$  = tinggi gelombang (m)

### 2.6.2. Perhitungan Daya Gelombang pada OWC

Periode gelombang ( $T$ ) dan tinggi gelombang ( $H$ ) digunakan sebagai parameter. Densitas air ( $\rho$ ) dan gravitasi konstan ( $g$ ) sebesar  $1,025 \text{ kg/m}^3$  dan  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Lebar gelombang ( $w$ ) dapat dianggap sama dengan lebar kolom. Sehingga,  $E_w$ ,  $E_{WD}$ ,  $P_w$  dan  $P_{WD}$  dapat dengan mudah dihitung dengan menggunakan rumus diatas.



*Gambar 2.7 penampang OWC tipe Fixed*

Keterangan Gambar 2.7

- 1 : front wall
- 2 : sea water entrance
- 3 : kolom udara
- 4 : orifice & turbine

Untuk mencari efisiensi sistem OWC, maka perlu menghitung daya pada ujung atas saluran. Jika ingin merancang sebuah system OWC, kita harus mengoptimalkan

ruang saluran bagian pertama. Dalam menghitung kekuatan, menggunakan nilai eksperimental untuk tekanan dan kecepatan aliran pada saat itu. Persamaan bernouli memberikan tekanan total. Pertama, tekanan statis yang merupakan tekanan diferensial pada titik tersebut. Tekanan ini menjadi perbedaan antara mean dan minimum dari tekanan yang diukur.

Kedua, tekanan dinamis yang merupakan fungsi kuadrat dari kecepatan aliran udara dan densitas udara. Jumlah dari tekanan statis dan dinamis ini memberikan tekanan total pada titik tersebut. Daya masing-masing akan menjadi produk dari tekanan kali kecepatan aliran udara kali luas penampang melintang pada saat itu. Prosedur diatas didefinisikan oleh rumus bernitas berikut :

$$P_u = (p_2 - p_0)v_1A_1 \quad (2.5)$$

Dimana :  $P_u$  = Daya pada OWC (Watt)  
 $p_2$  = Tekanan udara pada Orifice (Pa)  
 $p_0$  = Tekanan udara diluar sistem (Pa)  
 $v_1$  = kecepatan udara pada kolom OWC  
(m/sec)

$$A_1 = \text{Area kolom OWC (m}^2\text{)}$$

(*Mc Cormick, Michael, 1981*)

Untuk menghitung daya yang keluar dari OWC menggunakan rumus sebelumnya diperlukan parameter - parameter yang lain. Berikut beberapa tahapannya:

1. menghitung panjang gelombang.

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 \quad (2.6)$$

2. menghitung frekuensi di dalam kolom

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.7)$$

3. menghitung kecepatan sudut dari gelombang

$$\omega = 2\pi f \quad (2.8)$$

4. menghitung kecepatan aliran udara sekitar kolom

$$v_1 = -\frac{\omega}{2} H \sin(\omega t) \quad (2.9)$$

5. menghitung aliran udara pada orifice

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad (2.10)$$

6. menghitung debit udara

$$Q_1 = v_1 A_1 \quad (2.11)$$

$$Q_1 = v_2 A_2 \quad (2.12)$$

(Mc Cormick, Michael, 1981)

1. menghitung daya yang dihasilkan

$$P = \frac{1}{2} \text{ massflow } V^2 \quad (2.13)$$

2. menghitung potensi kecepatan

$$\varphi_2 \simeq v_2 \eta_2 = -\left(\frac{A_1}{A_2}\right) v_1 \frac{\omega H^2}{4} \sin(\omega t) \cos(\omega t) \quad (2.14)$$

Dengan :  $\lambda$  = panjang gelombang (m)

$g$  = gaya gravitasi ( $m/s^2$ )

$T$  = periode gelombang (sec)

$v_1$  = kecepatan aliran udara sekitar kolom

OWC (m/sec)

$f_c$  = frekuensi resonansi putaran pada area

kolom (Hz)

$\omega_c$  = kecepatan sudut gelombang pada area

kolom (rad/s)

$v_2$  = kecepatan aliran udara pada orifice

(m/sec)

$A_1$  = Area kolom OWC ( $m^2$ )

$A_2$  = Area kolom orifice ( $m^2$ )

$Q_1$  = debit air pada kolom OWC ( $m^3/sec$ )

$Q_2$  = debit udara pada orifice ( $m^3/sec$ )

$P$  = daya OWC

### 2.6.3. Perhitungan Effisiensi OWC

Setelah mengetahui daya gelombang dan daya keluaran dari OWC maka Effisiensi OWC dapat dihitung dengan perbandingan dari daya gelombang yang masuk ke dalam kolom dengan daya yang keluar dari OWC.

$$\eta_{OWC} = \frac{P_u}{P_w} \times 100\% \quad (2.15)$$

(Ardianto, 1996)

#### 2.6.4. Perkiraan Daya Listrik yang Dihasilkan

Untuk mengetahui daya listrik yang dibangkitkan maka dicari dulu efisiensi PLTGL, dari perkalian antara efisiensi turbin dan efisiensi generator. Efisiensi turbin yang digunakan, telah diketahui pada subbab 2.3 antara 0.85-0.9, diasumsikan 0.85 dan untuk efisiensi generator diasumsikan sebesar 90% atau 0.9. Untuk menghitung efisiensi PLTGL digunakan :

$$\eta_{PLTGL} = \eta_{OWC} \times \eta_{generator} \times \eta_{turbin} \quad (2.16)$$

*(Ardianto, 1996)*

Selanjutnya menghitung daya listrik yang dihasilkan.

$$P_g = P_w \times \eta_{PLTGL} \quad (2.17)$$

Dimana :

$P_g$  : daya generator (watt)

$P_w$  : daya yang dihasilkan ombak (watt)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Langkah-langkah Penelitian**

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yang ini adalah sebagai berikut, sesuai dengan Gambar 3.2:

1. Perumusan Masalah.
2. Studi Literatur
3. Pengumpulan Data
4. Desain Alat
5. Uji Coba Alat
6. Perhitungan Daya Listrik
7. Kesimpulan dan Saran

#### **3.1.1 Perumusan Masalah**

Pada tahap ini dilakukan penentuan permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yaitu menentukan dimensi kolom OWC dan besarnya daya yang dihasilkan oleh OWC.

#### **3.1.2 Studi Literatur**

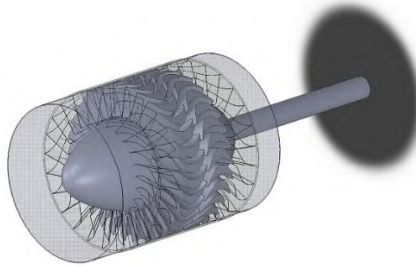
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan informasi dengan mencari, mempelajari serta memahami paper, jurnal dan buku-buku yang berkaitan dengan tema tugas akhir. Terutama melakukan tinjauan pustaka tentang OWC baik bentuk, dimensi, sampai cara kerja OWC itu sendiri. Seperti yang dibahas pada bab 2, berisikan tentang dasar teori bagian-bagian dari *Oscillating Water Column*.

#### **3.1.3 Pengumpulan Data**

Pada tahapan ini dilakukan pencarian data dengan melakukan pengumpulan data diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Data diperoleh dari Badan Meteorologi klimatologi dan Geofisika. Data yang diperoleh adalah data angin, gelombang dan batimetri.

### **3.1.4 Desain Alat**

Pada tahap ini desain alat yang dimaksudkan adalah desain dari turbin pada OWC (Gambar 3.1), yaitu menggunakan turbin McCormick.



*Gambar 3.1 Desain turbin McCormick*

### **3.1.5 Uji Coba Alat**

Pada tahap ini dilakukan uji coba alat untuk mengetahui nilai torsi dan aliran massa pada turbin yang dirancang, dengan menggunakan software ANSYS.

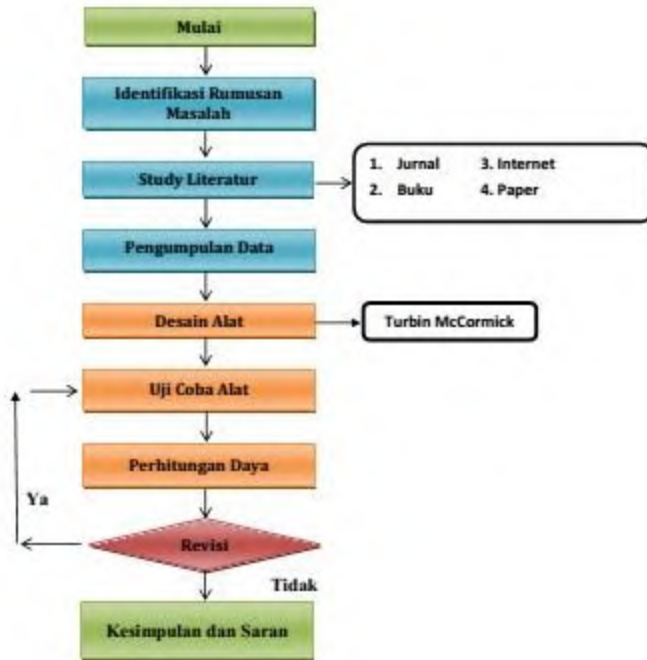
### **3.1.6 Perhitungan Daya**

Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya yang dihasilkan OWC dengan variasi dimensi yang sudah ditentukan dan perhitungan daya listrik yang dihasilkan dalam satu tahun yakni pada tahun 2011, proses ini dilakukan untuk mendapatkan daya listrik yang dimanfaatkan oleh warga setempat.

### **3.1.7 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini akan disimpulkan hasil penelitian yaitu daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe OWC di pantai Bandeaalit. Dari kesimpulan yang diperoleh akan ditentukan saran yang dapat mendukung penelitian ini agar dapat dikembangkan lebih baik lagi.

### 3.2. Skema Penelitian



Gambar 3.2 Skema Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

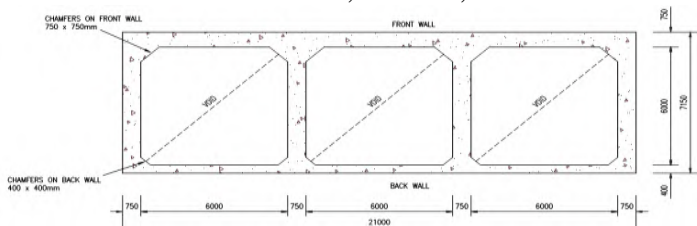
## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data gelombang dari BMKG, ketinggian gelombang di wilayah Pantai Bandalit, Jawa Timur yang tertera pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

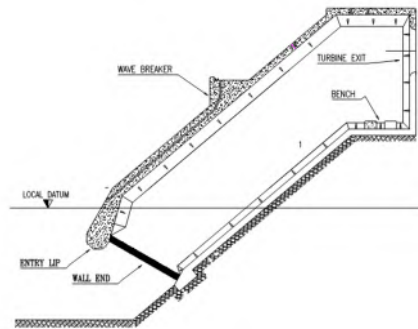
*Tabel 4.1 Data Gelombang*

	<b>h</b>	<b>T</b>	<b>V angin</b>
<b>JAN</b>	1.1	5	12
<b>FEB</b>	1	4.7	15
<b>MAR</b>	0.7	4.3	10
<b>APR</b>	0.6	4.2	13
<b>MEI</b>	0.7	4.5	13
<b>JUN</b>	0.8	4.4	15
<b>JUL</b>	0.8	4.3	17
<b>AGU</b>	0.7	4.1	15
<b>SEP</b>	0.7	4.2	12
<b>OKT</b>	0.6	4	16
<b>NOV</b>	0.6	4.3	10
<b>DES</b>	0.6	4.2	12

Menurut referensi ISLAY LIMPET WAVE POWER PLANT (Gambar 4.1 dan 4.2), desain kolom yang digunakan memiliki tetap 7.15 meter dan lebar yang divariasikan antara 2 meter, 3 meter, dan 4 meter.



*Gambar 4.1 penampang melintang kolom OWC (Sumber: LIMPET Publishable report, 2002)*



Gambar 4.2 penampang membujur dari kolom (Sumber: LIMPET Publishable report, 2002)

Dari data gelombang diatas (Tabel 4.1) dapat diketahui energi gelombang yang masuk kedalam kolom menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E_w = 0.195 w p g h^2 T^2 \quad (2.1)$$

Dimana :

$w$  = lebar kolom (m);  $w_1 = 2\text{m}$ ,  $w_2 = 3\text{m}$ ,  $w_3 = 4\text{m}$

$\rho$  = massa jenis air laut ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = gaya gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = tinggi gelombang (m)

$T$  = Periode gelombang (s)

Sehingga diperoleh energi gelombang pada tiap kolomnya. Setelah mendapatkan energi gelombang, maka daya gelombang pada kolom OWC dapat dihitung :

$$\text{Power} : P_w = \frac{E_w}{T} \quad (2.3)$$

Dimana :

$P_w$  = Daya gelombang pada kolom (kW)

$E_w$  = Energi Gelombang pada Kolom (J)

$T$  = Periode gelombang (s)

Diperoleh daya gelombang pada lebar kolom 2 m, 3 m, dan 4 m adalah :

*Tabel 4.2 daya gelombang yang diperoleh*

	Ew (J)			Pw (W)		
	w1	w2	w3	w1	w2	w3
<b>JAN</b>	118505.9	177758.8	237011.8	23.70118	35.55177	47.40236
<b>FEB</b>	86538.68	129808	173077.4	18.41249	27.61873	36.82497
<b>MAR</b>	35493.39	53240.09	70986.79	8.254278	12.38142	16.50856
<b>APR</b>	24878.01	37317.01	49756.02	5.923336	8.885003	11.84667
<b>MEI</b>	38871.89	58307.83	77743.78	8.638198	12.9573	17.2764
<b>JUN</b>	48540.01	72810.02	97080.02	11.03182	16.54773	22.06364
<b>JUL</b>	46358.72	69538.08	92717.44	10.7811	16.17165	21.5622
<b>AGU</b>	32268.47	48402.7	64536.94	7.870358	11.80554	15.74072
<b>SEP</b>	33861.74	50792.6	67723.47	8.062318	12.09348	16.12464
<b>OKT</b>	22565.09	33847.63	45130.18	5.641272	8.461908	11.28254
<b>NOV</b>	26076.78	39115.17	52153.56	6.064367	9.096551	12.12873
<b>DES</b>	24878.01	37317.01	49756.02	5.923336	8.885003	11.84667

Dari Tabel 4.2, dengan tinggi ombak (H) dan periode (T) yang sama namun dimensi kolom berbeda akan mengakibatkan turunnya daya ombak pada kolom pembangkit. Turunnya daya ombak diakibatkan oleh semakin kecilnya lebar kolom. Lebar kolom berfungsi sebagai kolektor ombak laut. Semakin sempit kolektor maka ombak yang ditangkap juga semakin kecil.

Setelah menghitung daya gelombang pada kolom OWC selanjutnya menghitung daya output dari kolom tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi dari OWC. Untuk itu, maka diperlukan perhitungan untuk mengetahui kecepatan udara dalam OWC ( $v_1$ ) :

$$v_1 = -\frac{\omega}{2} H \sin(\omega t) \quad (2.9)$$



dimana

$$\omega = 2\pi f \quad (2.8)$$

dimana

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ Hz} \quad (2.7)$$

sehingga

$$\omega = 2\pi (0.2) = 1.256 \text{ rad/s}$$

Sehingga didapatkan  $v_1$  pada tinggi gelombang rata-rata yang tertinggi yaitu pada bulan januari yaitu 1.1 m :

$$v_1 = -\frac{1.25}{2} 1.1 \sin(1.256t) = -0.691 \sin(1.25t) \text{ m/s}$$

Dengan hasil persamaan diatas yang berupa persamaan sinusoidal berarti kecepatan aliran udara  $v_1$  akan berubah-ubah menurut nilai dari nilai (t). dalam table berikut akan ditampilkan nilai dari  $v_1$  terhadap t.

*Tabel 4.3 tabel kecepatan aliran udara  $v_1$*

	f	$\omega$	$\sin(\omega t)$	$-(\omega/2)h$	$v_1$
<b>JAN</b>	0.200	1.256	-0.371	-0.691	0.256
<b>FEB</b>	0.213	1.336	-0.393	-0.668	0.263
<b>MAR</b>	0.233	1.460	-0.427	-0.511	0.218
<b>APR</b>	0.238	1.495	-0.437	-0.449	0.196
<b>MEI</b>	0.222	1.396	-0.409	-0.488	0.200
<b>JUN</b>	0.227	1.427	-0.418	-0.571	0.239
<b>JUL</b>	0.233	1.460	-0.427	-0.584	0.250
<b>AGU</b>	0.244	1.532	-0.446	-0.536	0.239
<b>SEP</b>	0.238	1.495	-0.437	-0.523	0.228
<b>OKT</b>	0.250	1.570	-0.457	-0.471	0.215
<b>NOV</b>	0.233	1.460	-0.427	-0.438	0.187
<b>DES</b>	0.238	1.495	-0.437	-0.449	0.196

Dari Tabel 4.3, maka dapat diketahui kecepatan aliran udara pada kolom orifice ( $v_2$ ) :

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad (2.10)$$

Dengan kemiringan kolom sebesar 60°, perhitungan luas area kolom A<sub>1</sub> dilakukan pada model pada autoCAD. Sehingga didapat luas area kolom (A<sub>1</sub>) pada OWC adalah sebagai berikut :

*Tabel 4.4 tabel Lebar Area Permukaan Air*

Luas Area Orifice A <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )	Luas permukaan air pada Kolom OWC A <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> )		
	Lebar kolom =2m	Lebar kolom =3m	Lebar kolom =4m
1.32	13.92	21.07	28.23

Berdasarkan Tabel 4.4, didapatkan kapasitas dan kecepatan aliran udara yang melalui orifice. Berikut ini merupakan tabel yang menampilkan kecepatan udara (v<sub>1</sub>) berdasarkan waktu (t).

*Tabel 4.5 tabel kecepatan aliran udara v<sub>2</sub>*

	v1	v2		
		w1	w2	w3
<b>JAN</b>	0.256	2.701	4.089	5.477
<b>FEB</b>	0.263	2.769	4.192	5.615
<b>MAR</b>	0.218	2.302	3.485	4.667
<b>APR</b>	0.196	2.065	3.125	4.186
<b>MEI</b>	0.200	2.109	3.192	4.275
<b>JUN</b>	0.239	2.517	3.810	5.103
<b>JUL</b>	0.250	2.631	3.983	5.334
<b>AGU</b>	0.239	2.523	3.819	5.115
<b>SEP</b>	0.228	2.409	3.646	4.884
<b>OKT</b>	0.215	2.268	3.432	4.597
<b>NOV</b>	0.187	1.973	2.987	4.001
<b>DES</b>	0.196	2.065	3.125	4.186

Pada Tabel 4.5 diketahui bahwa kecepatan aliran udara dalam orifice berupa grafik persamaan sinusoidal karena kecepatan dalam orifice akan berubah arah

dikarenakan naik dan turunnya permukaan air dalam kolom yang disebabkan oleh ombak. sangat dipengaruhi oleh luas area pada kolom.

Hal ini dikarenakan semakin luas area permukaan air pada kolom maka akan semakin besar volume udara yang terdorong keluar oleh permukaan air laut didalam kolom. Setelah mengetahui kecepatan aliran dan luas area, maka kapasitas aliran (Q) :

$$Q = v_2 A \quad (2.12)$$

Sehingga didapat bahwa kapasitas aliran pada masing-masing kolom adalah sebagai berikut.

*Tabel 4.6 Kapasitas Aliran Udara pada Orifice*

v2			Q		
w1	w2	w3	w1	w2	w3
2.701	4.089	5.477	37.598	86.153	154.554
2.769	4.192	5.615	38.541	88.313	158.429
2.302	3.485	4.667	32.039	73.414	131.701
2.065	3.125	4.186	28.735	65.844	118.121
2.109	3.192	4.275	29.347	67.246	120.637
2.517	3.810	5.103	35.028	80.263	143.987
2.631	3.983	5.334	36.616	83.902	150.516
2.523	3.819	5.115	35.114	80.461	144.343
2.409	3.646	4.884	33.524	76.818	137.807
2.268	3.432	4.597	31.559	72.314	129.728
1.973	2.987	4.001	27.462	62.926	112.887
2.065	3.125	4.186	28.735	65.844	118.121

Setelah mengetahui kecepatan udara pada kolom OWC pada Tabel 4.6, kecepatan udara pada orifice dan kapasitas udara pada orifice, maka dilakukan simulasi pada software ANSYS dengan inputan kecepatan udara pada orifice

*Tabel 4.7 Torsi pada turbin didalam orifice*

v2			Torsi (N/s)		
w1	w2	w3	w1	w2	w3
2.701	4.089	5.477	$2.15 \times 10^7$	$1.09 \times 10^8$	$2.28 \times 10^8$
2.769	4.192	5.615	$2.26 \times 10^7$	$1.15 \times 10^8$	$2.39 \times 10^8$
2.302	3.485	4.667	$1.55 \times 10^7$	$0.79 \times 10^8$	$1.65 \times 10^8$
2.065	3.125	4.186	$1.24 \times 10^7$	$0.64 \times 10^8$	$1.33 \times 10^8$
2.109	3.192	4.275	$1.30 \times 10^7$	$0.67 \times 10^8$	$1.39 \times 10^8$
2.517	3.810	5.103	$1.85 \times 10^7$	$0.95 \times 10^8$	$1.98 \times 10^8$
2.631	3.983	5.334	$2.02 \times 10^7$	$1.04 \times 10^8$	$2.16 \times 10^8$
2.523	3.819	5.115	$1.86 \times 10^7$	$0.95 \times 10^8$	$1.99 \times 10^8$
2.409	3.646	4.884	$1.69 \times 10^7$	$0.87 \times 10^8$	$1.81 \times 10^8$
2.268	3.432	4.597	$1.50 \times 10^7$	$0.77 \times 10^8$	$1.60 \times 10^8$
1.973	2.987	4.001	$1.13 \times 10^7$	$0.58 \times 10^8$	$1.21 \times 10^8$
2.065	3.125	4.186	$1.24 \times 10^7$	$0.64 \times 10^8$	$1.33 \times 10^8$

Setelah simulasi pada software ANSYS didapatkan torsi pada turbin didalam orifice seperti pada Tabel 4.7. Selain mendapatkan hasil torsi juga mendapatkan massflow (aliran massa) pada turbin didalam orifice.

*Tabel 4.8 massflow pada turbin didalam orifice*

v2			massflow (kg/s)		
w1	w2	w3	w1	w2	w3
2.701	4.089	5.477	72050.8	162084	234135
2.769	4.192	5.615	73879.5	166168	240647
2.302	3.485	4.667	61383.4	138128	169511
2.065	3.125	4.186	55043.9	123864	178969
2.109	3.192	4.275	56263	126546	182748
2.517	3.810	5.103	67113.3	150990	218164
2.631	3.983	5.334	70161.1	157878	228039
2.523	3.819	5.115	67296.2	151416	218713
2.409	3.646	4.884	64248.3	144528	208777
2.268	3.432	4.597	60469	136055	196524
1.973	2.987	4.001	52605.6	118378	171044
2.065	3.125	4.186	55043.9	123864	178969

Pada Tabel 4.8, diketahui torsi yang terjadi pada turbin didalam orifice, maka dapat dihitung berapa daya yang dihasilkan oleh turbin tersebut :

$$P = \frac{1}{2} \text{ massflow } V^2 \quad (2.13)$$

Sehingga didapatkan nilai daya dari masing – masing kolom

*Tabel 4.9 Daya yang bekerja pada turbin*

	<b>P</b>		
	w1	w2	w3
<b>JAN</b>	42586.24	215513.2	449702.6
<b>FEB</b>	44761.9	226482.8	473798.3
<b>MAR</b>	30916.58	156504	277438.6
<b>APR</b>	24864.8	125870.5	262713.3
<b>MEI</b>	25956.92	131335.4	273975.3
<b>JUN</b>	36955.81	187036.1	390378.3
<b>JUL</b>	40385.82	204436	426550.2
<b>AGU</b>	37148.09	188027.3	392327.8
<b>SEP</b>	33859.78	171347.5	357547.4
<b>OKT</b>	29999.64	151845.2	316830.8
<b>NOV</b>	22710.45	114965.6	239955.2
<b>DES</b>	24864.8	125870.5	262713.3

Setelah mendapat daya turbin pada Tabel 4.9, maka dapat diketahui daya yang terbesar pada kolom dengan lebar 4m pada bulan ke-2 yaitu bulan february dengan ketinggian gelombang 1 meter. Sehingga untuk mengetahui efisiensi dari OWC menggunakan rumus :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.15)$$

Sehingga didapatkan table efisiensi dari masing – masing kolom dan pada masing – masing bulan.

*Tabel 4.10 Effisiensi dari masing – masing kolom*

	$\eta$		
	w1	w2	w3
<b>JAN</b>	17.97%	60.62%	94.87%
<b>FEB</b>	24.31%	82.00%	128.66%
<b>MAR</b>	37.46%	126.40%	168.06%
<b>APR</b>	41.98%	141.67%	221.76%
<b>MEI</b>	30.05%	101.36%	158.58%
<b>JUN</b>	33.50%	113.03%	176.93%
<b>JUL</b>	37.46%	126.42%	197.82%
<b>AGU</b>	47.20%	159.27%	249.24%
<b>SEP</b>	42.00%	141.69%	221.74%
<b>OKT</b>	53.18%	179.45%	280.82%
<b>NOV</b>	37.45%	126.38%	197.84%
<b>DES</b>	41.98%	141.67%	221.76%

Setelah mendapat effisiensi dan daya yang bekerja pada turbin dari masing – masing kolom pada Tabel 4.10, maka dapat dihitung daya dari OWC dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

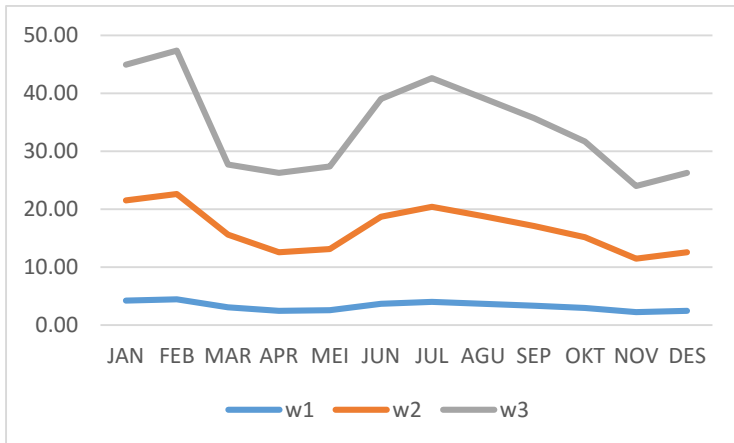
$$P_g = P_w \times \eta_{OWC} \quad (2.17)$$

Sehingga mendapatkan daya OWC sebagai berikut :

*Tabel 4.11 Daya OWC*

	$P_g$		
	w1	w2	w3
<b>JAN</b>	4.26	21.55	44.97
<b>FEB</b>	4.48	22.65	47.38
<b>MAR</b>	3.09	15.65	27.74
<b>APR</b>	2.49	12.59	26.27
<b>MEI</b>	2.60	13.13	27.40
<b>JUN</b>	3.70	18.70	39.04
<b>JUL</b>	4.04	20.44	42.66
<b>AGU</b>	3.71	18.80	39.23

<b>SEP</b>	3.39	17.13	35.75
<b>OKT</b>	3.00	15.18	31.68
<b>NOV</b>	2.27	11.50	24.00
<b>DES</b>	2.49	12.59	26.27



*Gambar 4.3 Grafik Daya OWC*

Dari Tabel 4.11, selanjutnya menghitung listrik dari pembangkit listrik PLTGL tipe OWC dapat dihitung dengan rumus efisiensi. Dari keterangan sebelumnya efisiensi turbin McCormick sebesar 0.85 - 0.9 diambil 0.85 efisiensi dari generator nilainya antara 0.9. Sehingga daya keluaran dari turbin dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$P_{\text{Out}} = P_{\text{OWC}} \times \eta_{\text{Turbin}} \times \eta_{\text{Generator}}$$

Perhitungan diatas dilakukan pada setiap tinggi gelombang pada setiap bulan pada tahun 2011 pada tabel 4.12.

*Tabel 4.12 Daya dari PLTGL setiap bulan pada tahun 2011*

	<b>P</b>		
	w1	w2	w3
<b>JAN</b>	3.26	16.49	34.40
<b>FEB</b>	3.42	17.33	36.25
<b>MAR</b>	2.37	11.97	21.22
<b>APR</b>	1.90	9.63	20.10
<b>MEI</b>	1.99	10.05	20.96
<b>JUN</b>	2.83	14.31	29.86
<b>JUL</b>	3.09	15.64	32.63
<b>AGU</b>	2.84	14.38	30.01
<b>SEP</b>	2.59	13.11	27.35
<b>OKT</b>	2.29	11.62	24.24
<b>NOV</b>	1.74	8.79	18.36
<b>DES</b>	1.90	9.63	20.10

Jumlah pemukiman penduduk yang terletak disekitar pantai Bandalit Jember sebanyak 785 rumah tangga, dan dari masing – masing rumah tangga pemakaian listrik selama sehari sebesar 0.16 Kw Jadi total kebutuhan listrik dari pemukiman tersebut sebesar 125.6 Kw.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dimensi kolom yang paling optimal dari 3 kolom yang dirancang adalah 4 meter, dengan daya output sebesar 36.25 kW. Lebih besar dari tugas akhir sebelumnya.
2. Dengan mempertimbangkan ketinggian gelombang laut yang ada di Indonesia maka pada tugas akhir ini dimensi dari PLTGL yang sesuai adalah dengan lebar column OWC sebesar 4 meter dengan tanpa merubah desain dari OWC tersebut.

### **5.2 Saran**

Dari hasil pengerjaan tugas akhir saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pembaharuan data untuk hasil yang lebih optimal
2. Jenis PLTGL sangat cocok untuk daerah daerah terpencil.

## DAFTAR PUSTAKA

1. McCormick, M.E., Johnson D., Hebron, R., Hoyt, J.,1981, "Wave Energy Conversion", Boston : Jhon Wiley Sons Inc.
2. Rahmatulloh, Alex, 2013, "Studi Perancangan Sistem Konversi Energi Gelombang Laut Tipe OWC di Daerah Bandalit Jember", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan-FTK, Institut Sepuluh Nopember, Surabaya
3. Priandoko, Yuno, 2015, "Study perencanaan pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe Oscillating Water Column (OWC) menggunakan turbin masuda di Pantai Tambo, Malang Selatan Jawa Timur", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan-FTK, Institut Sepuluh Nopember, Surabaya
4. ISLAY LIMPET Wave Power Plant, 2002,"Publishable Report", Queen University of Belfast.
5. <http://news.detik.com/berita/3028851/polusi-udara-indonesia-di-posisi-8-paling-mematikan-ini-kata-menteri-siti>
6. <https://www.selasar.com/ekonomi/energi-terbarukan-di-indonesia->
7. <http://www.masuklis.com/2014/05/pengertian-generator-prinsip-kerja.html>
8. [oke.or.id/wp-content/uploads/2010/12/wave-dan-tidal-energy.pdf](http://oke.or.id/wp-content/uploads/2010/12/wave-dan-tidal-energy.pdf)

## BIOGRAFI



Moh. Iqbal Firdhaus Imansyah, lahir di Surabaya, 28 Agustus 1992. Sering dipanggil Iqbal, anak pertama dari 3 bersaudara. Anak dari pasangan Dharmadji Suwito dan Dra. Nikmarocha. Memulai jenjang pendidikan di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 11. Kemudian melanjutkan pendidikan di SD Ta'miriyah Surabaya selama 6 tahun. Setelah lulus dari sana, dia melanjutkan di SMP Negeri 5 Surabaya. Setelah 3 tahun di SMP Negeri 5 dan dinyatakan lulus, dia memilih untuk melanjutkan pendidikan di SMA Khadijah Surabaya. Kualitas SMA Khadijah bisa dikatakan tidak berbeda jauh dari SMA unggulan di Surabaya, selain itu juga SMA tersebut memiliki kelebihan dalam hal pendidikan agama. Selama disana, ia memilih jurusan IPA pada saat kenaikan kelas XI. Institut Teknologi Sepuluh Nopember menjadi tujuan berikutnya dalam menempuh pendidikan S1, selepas lulus dari SMA Khadijah. Iqbal memilih jurusan Teknik Sistem Perkapalan, melalui jalur SNMPTN (pada saat itu). Pria ini memiliki hobi dibidang olahraga, diantaranya futsal, bulutangkis, dan lari. Selain olahraga, dia juga memiliki hobi *traveling* dan fotografi.